



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 199 23 116 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 B 11/27
G 01 B 11/24
G 01 B 11/03

② Aktenzeichen: 199 23 116.8
② Anmeldetag: 19. 5. 99
④ Offenlegungstag: 30. 12. 99

DE 199 23 116 A 1

⑥ Innere Priorität:
198 22 812. 0 20. 05. 98

⑦ Anmelder:
Prüftechnik Dieter Busch AG, 85737 Ismaning, DE

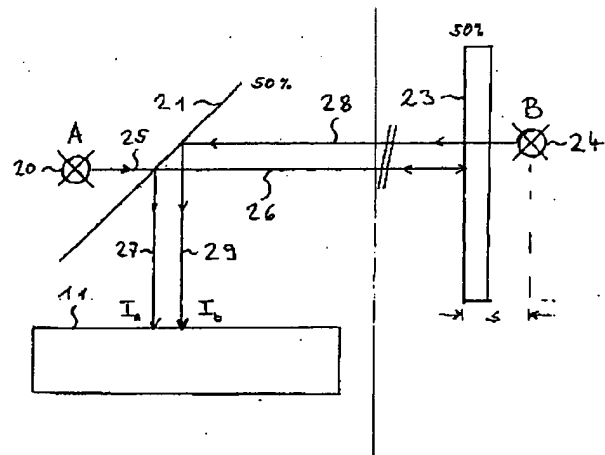
⑦ Erfinder:
Lysen, Heinrich, 85748 Garching, DE; Hermann,
Michael, 78050 Villingen-Schwenningen, DE; Hölzl,
Roland, 81369 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

⑤ Verfahren und Vorrichtung zum Feststellen, ob zwei hintereinander angeordnete Wellen fluchten

⑥ Die Wirksamkeit eines Verfahrens zur Kontrolle auf exaktes Fluchten zweier hintereinander angeordneter Wellen, Achsen oder dgl. wird dadurch verbessert, daß durch Einsatz eines lichtempfindlichen Arrays als lichtempfindlicher Sensor keine Maßnahmen in bezug auf eine Linearisierung oder einen Temperatureausgleich mehr erforderlich sind. Die Einflüsse von Fremdlicht und Reflexionen können unterdrückt werden. Der Querschnitt und die Qualität eines empfangenen Laserstrahls kann insbesondere durch visuelle Kontrolle überprüft werden. Die Fertigung eines entsprechenden Gerätes zur Ausführung des genannten Verfahrens wird erleichtert. Durch Verwendung angepaßter Strahlteiler und Reflektoren sowie von Lichtquellen unterschiedlicher Farbe kann die Anzahl erforderlicher optoelektronischer Sensoren signifikant reduziert werden.



DE 199 23 116 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie Vorrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens.

Verfahren, um zwei hintereinander angeordnete Wellen exakt aufeinander auszurichten, wurden in der Vergangenheit zunächst mit rein mechanischen Messmitteln ausgeführt. Typische Beispiele für Tätigkeiten dieser Art waren das Ausrichten von Elektromotoren an direkt angekuppelte Pumpen oder vergleichbare Aggregate. – Nachdem es zu einem späteren Zeitpunkt gelungen war, die für solche Verfahren vorgesehenen mechanischen Messzeiger durch Lichtzeiger und zugehörige mechanische Sensoren durch elektronische zu ersetzen, konnte eine bedeutende Erleichterung und Verbesserung bei der Ausführung der zugehörigen Messaufgaben festgestellt werden. Die gleichzeitige Verwendung von Mikroprozessoren erwies sich in diesem Zusammenhang und insbesondere für jeweils nachfolgend zu erledigende Justierungs-Massnahmen an den entsprechenden Maschinen oder Einrichtungen ebenfalls als ausgesprochen hilfreich.

Für qualitativ hochwertige Ausführungsformen der Erfindung erwies es sich jedoch als erforderlich, die eingesetzten elektronischen Sensoren in Form spezieller, mit flächigen Widerstandselementen versehenen Fotoelemente entweder als selektierte Bauteile bereitzustellen oder für diese ein Linearisierungsverfahren vorzusehen. Nur auf diese Weise konnten Ungenauigkeiten und Nichtlinearitäten betreffend Ort eines einfallenden Lichtstrahls und einem abgreifbaren Ausgangssignal des Sensors hinreichend klein gehalten werden. Weiterhin waren die entsprechenden Nichtlinearitäten in gewissem Masse auch temperaturabhängig.

Es ist Aufgabe der Erfindung, diese Nachteile einer ansonsten äusserst nutzbringenden älteren Erfindung weitestgehend abzuschaffen, insbesondere Nichtlinearitäten und eine ggf. vorhandene Temperaturabhängigkeit der oder des vorzusehenden optischen Sensors/Sensoren zu reduzieren, und gleichzeitig die Präzision, d. h. die Wiederholbarkeit und die Auflösung eines solchen Sensors signifikant und in erheblichem Masse zu steigern.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, die Anzahl der zu verwendenden optischen und/oder optoelektronischen Bauelemente signifikant zu verringern oder kostengünstiger auszuliegen.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass ein Verfahren angegeben wird, welches zum Feststellen dient, ob zwei hintereinander angeordnete Wellen hinsichtlich ihrer Mittelachsen fluchten oder gegeneinander im Winkel und/oder im Abstand versetzt sind, und wobei mittels mehrerer Messzeiger und zugehöriger Referenzelemente eine Mehrzahl geometrischer Messwerte über mehrere, von Welle zu Welle jeweils einander entsprechenden Mess-Winkelpositionen der Wellen zwei voneinander unabhängige Messwerte erzeugt werden und die Messwerte eine funktionale Abhängigkeit zumindest von Abstand und Winkelversatz (speziell Windschiefe) der Wellen aufweisen, wobei als Messzeiger mindestens ein Lichtstrahl in Form eines Lichtbündels geringer Divergenz, insbesondere in Form eines Laserstrahles verwendet wird, und das Verfahren in neuartiger Weise dadurch gekennzeichnet ist, dass der Lichtstrahl so orientiert wird, dass er auf zumindest ein Referenzelement in Form eines optoelektronischen Arrays mit einer Vielzahl von Bildelementen, insbesondere eines flächigen, als CCD (charge coupled device) wirkenden optoelektronischen Sensors einfällt und dabei einen Teil aller vorhandenen Bildelemente des Arrays beleuchtet und aktiviert, dass sodann Positionen oder Koordinaten-Werte der beleuchteten und aktivierten Bild-

elemente des Arrays elektronisch einzeln ermittelt werden und dass aus den ermittelten Positionen oder Koordinaten-Werten unter Zuhilfenahme einer elektronischen Rechenvorrichtung (Computer) mindestens ein Kennwert ermittelt wird, welcher die Lage des auftretenden Lichtfleckes auf dem optoelektronischen Array bezüglich einer oder mehrerer Koordinaten beschreibt.

Zum Zwecke der Ermittlung des mindestens einen Kennwertes werden gemäss der Erfindung bevorzugt ein oder mehrere, insbesondere arithmetische, Mittelwerte errechnet, welche die mittlere Lage des Lichtfleckes bezüglich einer bzw. mehrerer vorgegebener Koordinaten angeben.

In annähernd vergleichbarer Weise kann der mindestens eine Kennwert auch dadurch ermittelt werden, dass eine Schwerpunktsbestimmung des auf das optoelektronische Array einfallenden Lichtfleckes erfolgt. Eine solche Schwerpunktsbestimmung bezieht sich dabei auf linienförmige oder flächige Anordnungen eines genannten optoelektronischen Arrays. Da der Lichtfleck masselos ist, versteht es sich, dass bei der Bildung des genannten Schwerpunktes Lichtintensitäten zugrunde gelegt werden. Die Lichtintensitäten können dabei einer kontinuierlichen Verteilung gehören. Sie können aber auch einem von zwei Intensitäts-Zuständen, nämlich "an/hell" oder alternativ "aus/dunkel" zugeordnet sein.

Weiterhin bedient sich das erfindungsgemässe Verfahren mit Vorteil einer Rechenvorrichtung und eines zugehörigen Programmes, mittels welchem zusätzlich zur Errechnung eines oder mehrerer Mittelwerte die Bestimmung der jeweils zugehörigen Grössen "Streuung" oder "Varianz" durchgeführt wird. Durch diese Massnahme kann eine Überprüfung der Form des Lichtfleckes erfolgen. Dies beruht darauf, dass ein unregelmässig geformter Lichtfleck andere Werte für die genannten Grössen erzeugen wird, als eine eher regelmässig geformt auf dem optoelektronischen Array einfallender Lichtstrahl. In vergleichbarer Weise können, soweit dies zweckdienlich ist, auch höhere statistische Momente zu einer Auswertung und Beurteilung der Qualität eines auftretenden Lichtstrahles herangezogen werden.

Da ein einfallender Lichtstrahl typischerweise keine konstante Intensität über seinen Querschnitt aufweist, sondern zumeist in Nähe seiner Achse ein Intensitätsmaximum aufweist, ist es vorteilhaft, eine berandende Querschnittskontur für einen solchen Lichtstrahl dadurch zu definieren, dass bereits vor einer Signalerfassung eine Schwellenintensität festgesetzt wird, so dass als aktivierte Bildelemente eines optoelektronischen Arrays solche gelten, bei denen der einfallende Lichtstrahl eine lokale Intensität aufweist, welche grösser als die vorgenannte Schwellenintensität sein soll. Dies ist deswegen von speziellem Vorteil, weil die entsprechende Teil-Aufgabe durch Verwendung einer einfachen Hardware in Form eines Comparators gelöst werden kann. Die gleiche Aufgabe kann zwar auch durch eine geeignete Rechner-Software-Kombination gelöst werden, jedoch ist die vorgenannte Lösung wesentlich leistungsfähiger und damit kostengünstiger. Die erforderliche Rechenleistung einem ohnehin vorzusehenden Rechners kann weiterhin dadurch niedrig gehalten werden, dass nur solche Bildelemente einer weiteren Verarbeitung zugeführt werden, die einer Kante bzw. Übergang zwischen einem Intensitätsbereich mit einem ersten Intensitätswert und einem anderen Intensitätsbereich mit einem zweiten Intensitätswert zugeordnet werden können.

Um die Intensität und/oder Querschnittsform des einfallenden Lichtstrahls zu überprüfen, ist es von Nutzen, dass die Anzahl der aktivierten Bildelemente auf Unter- oder Überschreitung von vorgegebenen Grenzwertzahlen untersucht wird. Auf diese Weise wird ersichtlich, ob ein einfall-

lender Lichtstrahl entweder viel zu klein ist, oder zum Beispiel bereits auf den Randbereichen eines beleuchteten optoelektronischen Arrays liegt.

Sofern ausreichend Rechenzeit zur Verfügung steht, ist es von zusätzlichem Vorteil, einen zu registrierenden Lichtfleck (oder dessen Kanten, wie oben erwähnt) auf einem optoelektronischen Array einer weitergehenden Mustererkennung zuzuführen. Nur wenn seine jeweils registrierte Form einem vorgegebenen Kriterium entspricht, kommt es gegebenenfalls zu einer weiteren Auswertung, das heisst es erfolgt eine weitere Verwendung der ermittelten Kennwerte in einem nachfolgenden Rechnungsgang eines zum erfindungsgemässen Verfahren zugeordneten Programms.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens wird so vorgegangen, dass in einer weiteren Auswertungs-Phase eine Erkennung und rechnerische Eliminierung von Lichtanteilen durchgeführt wird, welche auf unerwünschte optische Reflexionen zurückzuführen sind. Zu diesem Zwecke können in an sich bekannter Weise Methoden der Integraltransformationen, Deconvolutionsoperationen und ähnliche Rechenvorschriften, insbesondere basierend auf der sogenannten Schnellen Fourier-Transformation, herangezogen werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird gerade umgekehrt vorgegangen - nämlich dass optische Reflexionen gezielt herbeigeführt werden und zu einer messtechnischen Auswertung herangezogen werden. In diesem Zusammenhang ist es von Vorteil, dass der vorgesehene Sensor nunmehr in der Lage ist, einzelne beleuchtete Bereiche voneinander zu diskriminieren und zu parametrisieren, d. h. Parameter für eine Vielzahl von messtechnisch relevanten Einzelobjekten zu liefern. Es sei daran erinnert, dass bis dato alle diesbezüglich verwendeten Geräte praktisch nur zwei Parameter für einfallendes Licht ermitteln konnten, nämlich Schwerpunkt des einfallenden Lichtes in einer x-Achse und in einer dazu orthogonalen y-Achse.

Obwohl eine besonders schnelle Bereitstellung der genannten Kennwerte dadurch ermöglicht wird, dass die genannte Fallunterscheidung "An/bell" bzw. "Aus/dunkel" für die Lichtintensität am Orte eines einzelnen Bildelementes (pixel) eines optoelektronischen Arrays angewendet wird, ist es für noch genauere Analysen, sofern solche gewünscht werden oder erforderlich sind, gemäss der Erfindung auch möglich, dass für ein aktiviertes Bildelement die lokal vorhandene Beleuchtungsstärke des einfallenden Lichtstrahls ermittelt und für weitere Rechnungsgänge als digitalisierte Grösse bereitgestellt wird. Diese Technik, nämlich das Zusammenschalten z. B. eines CCD-Sensors mit einem Analog-Digital-Wandlers (ADC) ist an sich bekannt.

Unabhängig davon, ob die zuletzt genannte Verfahrensweise angewendet wird oder nicht, ist es in jedem Fall eine Verbesserung gemäss der Erfindung, dass nunmehr zu Kontrollzwecken in einfachster Weise auch die Lage und/oder der Querschnitt (oder die Intensitätseigenschaften über den Querschnitt) zumindest eines, vorteilhafterweise jedoch mehrerer, durch das optoelektronische Array registrierter Lichtstrahlen auf einem nachgeschalteten Bildschirm (Display) direkt und vollständig sichtbar gemacht werden kann. Durch diese sofortige visuelle Kontrollmöglichkeit kann sich ein Benutzer des erfindungsgemässen Verfahrens unmittelbar davon überzeugen, ob die Zahl und Anordnung auftretender Lichtstrahlen von korrekter Grösse, Form, Lage erscheinen.

Zur Konkretisierung des erfindungsgemässen Verfahrens ist eine entsprechende Vorrichtung vorgesehen, welche als besonders kostengünstigen Grundbestandteil einen sog. CCD-Sensor aufweisen kann. In einer qualitativ verbesserten Ausführungsform ist vorgesehen, einen sog. CMOS -

Bildsensor zu verwenden. - Zur weiteren Verbesserung der optoelektronischen Signalerfassung kann es sich als zweckmässig erweisen, dass eine Zusatz-Vorrichtung bereitgestellt wird, welche eine Modulations- oder Multiplexeinrichtung nach an sich bekanntem Stand der Technik umfasst, mit der der Lichtstrahl in seiner Intensität oder in seiner Strahlrichtung variiert werden kann, insbesondere pulsweise ein- und ausgeschaltet werden kann. Insbesondere sind zu diesem Zweck Modulationseinrichtungen auf LCD-Basis von Vorteil. Mit solchen kann auch bewirkt werden, dass der Lichtstrahl mit einem variierbaren Querschnitt versehen werden kann. Auf diese Weise ist es noch besser möglich, die Qualität des auf das optoelektronische Array auftreffenden Lichtstrahls zu beurteilen oder diesen einer besonders hochwertigen Mustererkennung zuzuführen, um eine besonders genaue Bestimmung der vorgenannten Kennwerte herbeizuführen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung erläutert. Zur Vermeidung von Längen wird in diesem Zusammenhang auf den Inhalt und die Zeichnungen der DE 39 11 307 A1 verwiesen. - Im einzelnen wird dargestellt in

Fig. 1 die geometrische Lage und Verteilung von Lichtintensitäten mindestens eines Lichtflecks,

Fig. 2 ein Strahlengang betreffend die Erzeugung und Detektion von zwei Lichtflecken,

Fig. 3 ein weiterer Strahlengang betreffend die Erzeugung und Detektion von zwei Lichtflecken,

Fig. 4 ein anderer Strahlengang zur Erzeugung von zwei Lichtflecken, mit jedoch nur einer realen Lichtquelle,

Fig. 5 die Positionierung eines Lichtflecks von länglicher oder asymmetrischer Gestalt.

In Fig. 1 wird gezeigt, wie ein durch einen Lichtstrahl auf einem optoelektronischen Array 11 ein oder mehrere Lichtflecken 12, 12' erzeugt wird bzw. werden, durch welche(n) einzelne optische Elemente 23, 23' des Arrays aktiviert werden. Bei einer nachfolgenden Auslesung des Arrays können also die Positionen der beleuchteten (und somit auch die der nichtbeleuchteten (Bezugsziffern 13, 14)) optischen Elemente bestimmt werden. Diese Positionen können dabei relativ zu einem fest zum Array 11 vorgegebenen kartesischen Koordinatensystem bestimmt werden, dessen x-Achse und y-Achse sich im Ursprung 10 kreuzen. - Die Technik der Auslesung linearer oder flächiger optoelektronischer Arrays wird an dieser Stelle als zum Stand der Technik gehörend betrachtet. - Die Ermittlung der Kennwerte S_x und S_y , durch die die Lage des ersten Lichtflecks 12 sehr genau spezifiziert wird, geschieht dadurch, dass gemäss obiger Beschreibung durch Summation der x-Koordinaten der beleuchteten einzelnen optischen Elemente 23 entweder (optische) Schwerpunktskoordinaten für den Schwerpunkt S oder andere Mittelwerte in x-Richtung ermittelt werden. Durch das Bezugszeichen S_x wird ein solcher Kennwert für die x-Koordinate symbolisiert.

In gleicher Weise, und unabhängig von der für die x-Koordinate durchgeführten Bestimmung des entsprechenden Kennwertes, wird ein solcher für die y-Koordinate errechnet. Durch das Bezugszeichen S_y wird ein solcher Kennwert für die y-Koordinate symbolisiert. - Die Ermittlung weiterer statistischer Grössen, die den beleuchteten Bildelementen zugeordnet werden können, entspricht bevorzugt herkömmlichen rechnerischen Verfahren und braucht an dieser Stelle nicht im Detail ausgeführt werden.

In vergleichbarer Weise werden die Schwerpunktskoordinaten für den Lichtfleck 12' ermittelt, welcher sich z. B. durch eine geringere Lichtintensität auszeichnen kann.

Es sei festgehalten, dass vor der Ermittlung der genannten Schwerpunktskoordinaten jeweils eine automatische Zuord-

nung von Berandungen eines oder mehrerer Lichtflecken erfolgt, so dass die Schwerpunktsermittlung eindeutig den einzelnen und zumeist unterschiedlich heilen oder geformten beleuchteten Bereichen des verwendeten Arrays oder Sensors zugeordnet werden kann. Die entsprechenden rechen-
 5 technischen Verfahren sind an sich bekannt.

Wiewohl auch die angegebenen Mittelwerts- oder Schwerpunktsberechnungen an sich bekannt sind, ergibt sich aus deren erfindungsgemässer Anwendung der besondere Vorteil für das vorgeschlagene Verfahren, und zwar ge-
 10 mäss folgender Betrachtung:

Bei einem Lichtfleck von ca. 1 mm Durchmesser können ohne weiteres 10 000 optische Elemente (pixels) beleuchtet werden und gehen dann in die Mittelwert- oder Schwerpunktsberechnung ein. Da die Abstände der optischen Elemente 23 nach heutiger Technologie nur noch wenige Mikrometer betragen, ergeben sich nach Abschluss einer durchgeführten Mittelwertbildung Kennwerte, welche rein arithmetisch eine Auflösung im Nanometer-Bereich haben. Diese Auflösung ist im Vergleich zu vorherigen Lösungen um mehrere Grössenordnungen feiner, also günstiger. Gleichzeitig ist aufgrund des Herstellungsverfahrens der optoelektronischen Arrays praktisch keine Linearisierung eines Ausgangssignals mehr erforderlich. Darüber hinaus sind die ermittelten Kennwerte S_x und S_y nur noch in relativ geringem Masse temperaturabhängig. Die Erfindung ermöglicht somit eine Erfassung von Messwerten, welche in Anwendung des z. B. in der DE 39 11 307 angegebenen Verfahrens zu signifikant genaueren Endergebnissen bzw. Arbeitsanweisungen führt.

Darüber hinaus ermöglicht die Erfassung einzelner, unterschiedlicher beleuchteter Bereiche (Lichtflecken) auf einem solchen Sensor erst die erfindungsgemässen Sensor-Ausführungsformen gemäss Fig. 2 bis 5.

In Fig. 2 wird gezeigt, wie ein optoelektronisches Array 11 von zwei Lichtquellen gleichzeitig beleuchtet wird, so dass die beleuchteten Bereiche 1a und 1b separat voneinander einer messtechnischen Auswertung zugeführt werden können. Von besonderem Vorteil, wenn auch nicht zwingend, ist es hierbei, dass die lichtemittierenden Vorrichtungen A und B (kürzer auch als Lichtquellen bezeichnet, Bezugsziffern 20 bzw. 24) Licht unterschiedlicher Farbe d. h. Wellenlängen (oder -gemischen) emittieren. In diesem Falle ist der Sensor (Array 11) für mehrere Farben empfindlich, wie dies bereits in den sog. Digitalkameras ein handelsüblicher Standard ist. Das Array 11 ist relativ zur Lichtquelle 20 sowie zu einem teildurchlässigen Reflektor 21 fest beabstandet. In einer variablen Entfernung und mit variierender Orientierung zur Lichtquelle A ist eine Kombination bestehend aus Lichtquelle B (Bezugsziffer 24) und teildurchlässigem Reflektor 23 angeordnet, wobei die grundlegende Anordnung von Lichtquelle und Sensoren für die hier vorgesehenen Ausricht-Instrumente an sich bekannt ist und zur Vermeidung von Längen nicht weiter erörtert werden soll. Mit Vorteil ist daher die Lichtquelle 24 zu einem teildurchlässigen Reflektor 23 fest beabstandet, und zwar mit einem möglichst grossen Abstand "s". Der Reflektor 23 kann nicht nur teildurchlässig sein, sondern insbesondere auch eine zusätzliche Farbfilterwirkung aufweisen, so dass er z. B. für grünes Licht stark reflektiert und für rotes Licht einen akzeptablen Transmissionsgrad aufweist. In diesem Falle ist vorgesehen, dass die Lichtquelle A (z. B. ein Halbleiterlaser oder eine fokussierte Leuchtdiode) z. B. mit der Farbe grün leuchtet, wohingegen die Lichtquelle B z. B. rot oder infrarot leuchtet. Ein von Lichtquelle 20 ausgehender Lichtstrahl 25 wird also zunächst durch den teildurchlässigen Reflektor 21 abgeschwächt und trifft auf die vordere, reflektierende Ebene des Reflektors 23. Er kehrt als reflektierter Lichtstrahl

26 abgeschwächt zurück, wird nochmalig, aber in entgegengesetzter Richtung, am Reflektor 21 reflektiert und abgeschwächt, und erzeugt als Lichtstrahl 27 den beleuchteten Bereich 1a auf dem Array 11. Dieser Bereich kann aufgrund seiner grünen Farbe eindeutig identifiziert werden, sofern er nicht ohnehin aufgrund seiner Lage als zu Lichtquelle 20 zugehörig erkannt werden kann. Je nach Position und Orientierung von Lichtquelle 24 und Reflektor 23 variiert der Ort des Auftreffens von Lichtstrahl 27 auf dem Array 27. Dadurch steht eine erste Messgrösse zur Verfügung, mit der sowohl die relative Orientierung der Kombination 23, 24 bezüglich 11, 20, 21 berechnet werden kann, als auch Angaben zur Justierung von zugehörigen Objekten oder Maschinen berechenbar sind, an welchen diese Kombinationen zum Zwecke einer möglichst geradlinigen Ausrichtung vorübergehend angebracht werden. – Gleichzeitig erzeugt Lichtquelle 24 mit z. B. rotem Licht einen gerichteten, und ebenfalls abgeschwächten Lichtstrahl 28, welcher nach Spiegelung an teildurchlässigem Reflektor 21 als Lichtstrahl 29 in abgeschwächter Form im beleuchteten Bereich 1b auf dem Array 11 auftrifft. Auch dieser Bereich kann aufgrund seiner anderen Farbe eindeutig identifiziert werden. Damit steht eine zweite Messgrösse zur Verfügung, um die vorgenannte Messaufgabe lösen zu können.

Die weitere Verarbeitung der genannten ersten und zweiten Messgrösse geschieht dabei bevorzugt nach an sich bekannten Verfahren. Diese beruhen mehrheitlich darauf, dass eine Bestimmung von sinusförmig variierenden Messgrössen über einen mechanischen Drehwinkel durchgeführt wird, und zwar nach Amplitude und Phase, ggf. Drehrichtung. Die besonders genaue Ermittlung solcher Grössen bedient sich dabei verschiedener Verfahren der Ausgleichsrechnung.

Ähnliche Voraussetzungen treffen auf die Anordnung nach Fig. 3 zu, so dass deren Beschreibung insbesondere unter Hinweis auf die o.g. Anmeldeschrift knapp gehalten werden kann.

Ähnlich wie in Fig. 2 sind zwei bevorzugt unterschiedliche Lichtquellen 20, 34 vorgesehen, wobei jetzt Lichtquellen 20, 34 und teildurchlässiger Reflektor 21 sowie das Bildelemente-Array 11 untereinander fest beabstandet sind. Beide Lichtquellen 30, 34 bewirken, ähnlich wie in Fig. 2 dargestellt, zwei unterschiedlich liegende und/oder unterschiedlich farbige beleuchtete Bereiche 1a und 1b. Diese Anordnung weist den Vorteil auf, dass alle aktiven Komponenten konzentriert angeordnet sind und eine orts- und orientierungsmässig variierbar angeordnete Messgerätkomponente nur noch aus einem speziellen Reflektor 33 bestehen kann. Dieser weist gemäss der Erfindung bevorzugt eine ca. 100% spiegelnde und relativ weit von der Frontseite 35 beabstandete (ca. 5 bis 50 mm) rückwärtige Oberfläche 36 auf. Ausserdem ist eine teildurchlässige Verspiegelung an seiner Frontseite 35 vorgesehen, welche auch gleichzeitig eine Farbfilterwirkung aufweisen kann. – Bei Variation der Orientierung des Reflektors 33 bezüglich Reflektor 21 ergeben sich damit, unter Berücksichtigung der Strahlen 27, 28, 28' und 29, ebenfalls messtechnisch auswertbare unterschiedliche Positionen der beleuchteten Bereiche 1a und 1b. Diese Lösung, wie auch die der Fig. 2, erspart im Vergleich zu bekanntem Stand der Technik somit ein zweites sonst erforderliches, zweidimensional wirkendes optoelektronisches Empfangselement.

Eine weitere Lösung zeigt Fig. 4. Bei dieser ist nur eine einzige lichtemittierende Vorrichtung 20 zum Aussenden eines Lichtstrahles schmalen Durchmessers 25 vorgesehen. Lichtquelle 20 und die Kombination aus einem Empfangs-Array 11 und einer doppelseitig und jeweils teildurchlässig verspiegelten planparallelen transparenten Platte 40 sind va-

rierbar beabstandet und zueinander orientierbar, gemäss der vorliegenden zu lösenden Messaufgabe. Empfangs-Array 11 und Platte 40 sind fest und hochpräzise zueinander beabstandet (und damit orientiert). Die Platte ist relativ dick und zur Erzielung einer hohen thermischen Stabilität aus dem Material "Zerodur" hergestellt. Der Abstand der vorderen Ebene 41 von der rückwärtigen Ebene 42 der Platte beträgt etwa 5 bis 50 mm. Es ergeben sich bereits bei leicht variierendem Einfallswinkel eines Lichtstrahls 25 auf die Platte 40 messbar unterschiedliche Distanzänderungen der beleuchteten Bereiche 1a und 1b auf dem Array 11, da dieses gemäss der erfindungsgemäss vorgeschlagenen Vorgehensweise mittels Methoden der Statistik und der Merkmalsextraktion eine aussergewöhnlich hohe örtliche Auflösung bereitstellen kann.

Wie in Fig. 4 dargestellt, wird Lichtstrahl 25, welcher unter einem Relativwinkel von etwa z. B. 45° zur Flächennormalen auf eine vordere Ebene 41 auftrifft, dort teilweise reflektiert, teilweise in das optisch dichtere Medium der Platte gebrochen, um dann nach teilweisem Durchgang durch die rückwärtige Ebene 42 mit Parallelversatz als Strahl 27 auf Array 11 aufzutreffen.

Der restliche Anteil des an Ebene 42 durchgelassenen Lichtstrahls wird anteilig reflektiert und trifft als Strahl 43 die vordere Ebene 41, wie gezeigt. Es erfolgt eine erneute teilweise Reflexion, so dass ein bereits deutlich abgeschwächter Strahl 44 nach weiterer Abschwächung durch die rückwärtige Ebene 42 als Strahl 45 im Bereich 1b auf das Array 11 auftrifft, und zwar je nach Dicke der Platte 42 mit relativ grossem Abstand zum Bereich 1a. Dieser Abstand verändert sich geringfügig, aber sehr genau messbar, bei Variation des Einfallswinkels des Strahles 25. Die Positionen der Bereiche 1a und 1b verändern sich hingegen direkt mit Variation des Einfallswinkels des Strahls 25 auf die Platte 40. - Anstelle einer Platte 40 können wirkungsmässig identische parallel beabstandete Spiegelflächen vorgesehen sein, deren temperatur- und lageunabhängige parallele Ausrichtung aber entweder weniger genau gelingt oder nur mit grösserem Aufwand bereitstellbar ist. - Weiterhin können Array 11 und Platte 40 zur Verbesserung der erforderlichen Stabilität unter spitzerem Winkel, oder parallel zueinander, angeordnet sein.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird in Fig. 5 gezeigt, wie unter Zuhilfenahme von pixelorientierten Lichtsensoren weitere messtechnische Möglichkeiten bereitgestellt werden können, welche vorher nicht genutzt wurden. Wird im Zusammenhang mit der zugrundeliegenden Messaufgabe ein vorgesehener Lichtstrahl nämlich so geformt, oder eine Lichtquelle so abgebildet, dass sich ein länglicher oder asymmetrischer Lichtfleck 50 auf dem Array 11 ergibt, so kann zusätzlich zur Lage des Schwerpunktes 52 relativ zu einem x-y-Koordinatensystem auch die winkelmässige Orientierung des Lichtfleckes 50 zu dem Array 11 ermittelt werden. Damit kann ein Drehwinkel α ("Rollwinkel") der emittierenden Lichtquelle relativ zur x-Achse des Arrays 11 angegeben werden, was z. B. zur Bestimmung von Kupplungsfehlern bei gekuppelten Wellen, Achsen und dgl. genutzt werden soll. Die mathematischen Verfahren, um eine Haupttrichtung des Lichtfleckes 50 bezüglich dessen Schwerpunkt 52 und relativ zur x-Achse des Arrays 11 zu bestimmen, können dabei als bekannt angesehen werden.

Zusätzlich kann anhand der Seitenverhältnisse von z. B. der kurzen Seite 53 und der langen Seite 51 des Lichtfleckes eine Aussage über die Abbildungsqualität gemacht werden, so dass bei ungenügenden Abbildungsverhältnissen die Messwertnahme automatisch verweigert oder zumindest bemängelt werden kann. Wird das Seitenverhältnis als akzeptabel erkannt, so kann aufgrund der Länge der Seite 51 un-

ter Umständen eine Angabe gemacht werden, wie weit das Array von einer emittierenden Lichtquelle beabstandet ist. Dieses Verfahren ist genauer, als wenn nur der Durchmesser eines kreisrunden Lichtfleckes ausgemessen wird. Darüber hinaus muss dafür Sorge getragen werden, dass zumindest Anteile des Lichtfleckes nach Art eines Projektionsvorganges entfernungsabhängig verändert werden. Es empfiehlt sich daher, für dieses zuletzt genannte spezielle zusätzliche Drehlage- und Entfernungsmessverfahren entweder eine projektive Abbildung von Leucht- oder Laserdioden vorzunehmen, oder einen vorhandenen Laserstrahl mit entsprechender Strahlformung zu modifizieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Feststellen, ob zwei hintereinander angeordnete Wellen hinsichtlich ihrer Mittelachsen fluchten oder gegeneinander im Winkel und/oder im Abstand versetzt sind, wobei mittels mehrerer Messzeiger und zugehöriger Referenzelemente eine Mehrzahl geometrischer Messwerte über mehrere, von Welle zu Welle jeweils einander entsprechenden Messwinkelpositionen der Wellen zwei voneinander unabhängige Messwerte erzeugt werden und die Messwerte eine funktionale Abhängigkeit zumindest von Abstand und Winkelversatz (Windschiefe) der Wellen aufweisen, wobei als Messzeiger ein Lichtstrahl in Form eines Lichtbündels geringer Divergenz, insbesondere in Form eines Laserstrahles verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl so orientiert wird, dass er auf zumindest ein Referenzelement in Form eines optoelektronischen Arrays mit einer Vielzahl von Bildelementen, insbesondere eines flächigen, als CCD (charge coupled device) wirkenden optoelektronischen Sensors einfällt und dabei einen Teil aller vorhandenen Bildelemente des Arrays beleuchtet und aktiviert, dass Positionen oder Koordinaten-Werte der beleuchteten und aktivierten Bildelemente des Arrays elektronisch einzeln ermittelt werden und dass aus den ermittelten Positionen oder Koordinaten-Werten unter Zuhilfenahme einer elektronischen Rechenvorrichtung (Computer) mindestens ein Kennwert ermittelt wird, welcher die Lage des auftretenden Lichtfleckes auf dem optoelektronischen Array bezüglich einer oder mehrerer Koordinaten beschreibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des mindestens einen Kennwertes ein oder mehrere, insbesondere arithmetische, Mittelwerte errechnet werden, welche die mittlere Lage des Lichtfleckes bezüglich einer bzw. mehrerer vorgegebener Koordinaten angeben.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung des mindestens einen Kennwertes anhand einer Schwerpunktsbestimmung mindestens eines auf das optoelektronische Array einfallenden Lichtfleckes erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zur Berechnung eines oder mehrerer Mittelwerte die Bestimmung der jeweils zugehörigen Grössen "Streuung" oder "Varianz" zur Überprüfung der Form eines Lichtfleckes erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aktivierten Bildelemente solche sind, bei denen der einfallende Lichtstrahl eine Intensität aufweist, welche grösser ist als eine vorgegebene Schwellenintensität.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der aktivierten Bildelemente auf

Unter- oder Überschreitung von vorgegebenen Grenzwertzahlen untersucht und damit die Intensität und/oder Querschnittsform des einfallenden Lichtstrahls überprüft wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Lichtfleck auf dem optoelektronischen Array einer Mustererkennung und, sofern seine jeweils registrierte Form einem vorgegebenen Kriterium entspricht, gegebenenfalls einer weiteren Auswertung zugeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Auswertung eine Erkennung und rechnerische Eliminierung von Lichtanteilen umfasst, welche auf optische Reflexionen zurückzuführen sind.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für ein aktiviertes Bildelement eine dort lokal vorhandene Beleuchtungsstärke des einfallenden Lichtstrahls ermittelt und für weitere Rechnungsgänge als digitalisierte Grösse bereitgestellt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage und/oder der Querschnitt eines durch das optoelektronische Array registrierten Lichtstrahls auf einem Bildschirm sichtbar gemacht wird.

11. Vorrichtung zur Durchführung eines der in Ansprüchen 1 bis 10 genannten Verfahren, gekennzeichnet durch eine erste und eine zweite Lichtquelle zur Erzeugung von Lichtstrahlen schmalen Querschnitts, ein erstes und ein zweites teildurchlässig und reflektierend wirkendes optisches Element sowie ein optoelektronisches Array zum Empfangen und Registrieren der genannten Lichtstrahlen, wobei die erste Lichtquelle, das erste teildurchlässig und reflektierend wirkende optische Element und das optoelektronische Array fest zueinander orientiert und beabstandet sind, wobei das erste teildurchlässig und reflektierend wirkende optische Element eben und so ausgerichtet ist, dass die genannten Lichtstrahlen unter einem Einfallswinkel von etwa 45° relativ zu seiner Flächennormalen einfallen oder reflektiert werden, und wobei die zweite Lichtquelle und das zweite teildurchlässig wirkende optische Element ebenfalls fest zueinander orientiert und mit einer vordefinierten, nicht verschwindenden Entfernung "s" beabstandet sind, so dass die genannten Lichtstrahlen separierbare und voneinander unterscheidbare Illuminationsbereiche auf dem optoelektronischen Array erzeugen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Farben der von den Lichtquellen emittierten Lichtstrahlen unterschiedlich sind oder eine unterschiedliche spektrale Zusammensetzung aufweisen.

13. Vorrichtung zur Durchführung eines der Verfahren nach Anspruch 1 bis 10, enthaltend eine Lichtquelle zur Bereitstellung eines Lichtstrahles schmalen Querschnitts, einen pixelbasierten optoelektronischen Sensor sowie ein zwischengeschaltetes optisches Element mit zwei planparallel zueinander, teildurchlässig und -reflektierend angeordneten Schichten, welches fest zum optoelektronischen Sensor orientiert und beabstandet ist und welches einen unter einem Winkel einfallenden primären Lichtstrahl in mindestens einen ersten und einen zweiten sekundären Lichtstrahl aufteilt, welche das optische Element jeweils kleinflächig beleuchten und deren dortiger Abstand voneinander in definierter Weise einer Funktion des Auftreffwinkels des primären Lichtstrahls auf die erste der planparallelen

Schichten gehorcht.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

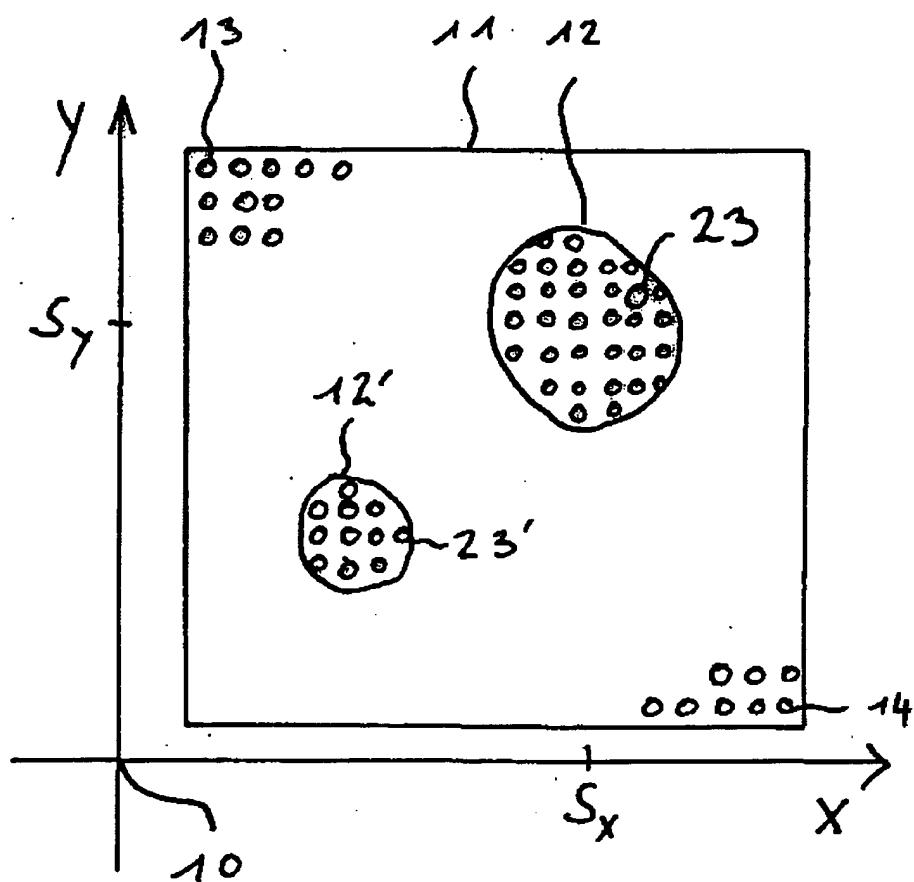


Fig. 1

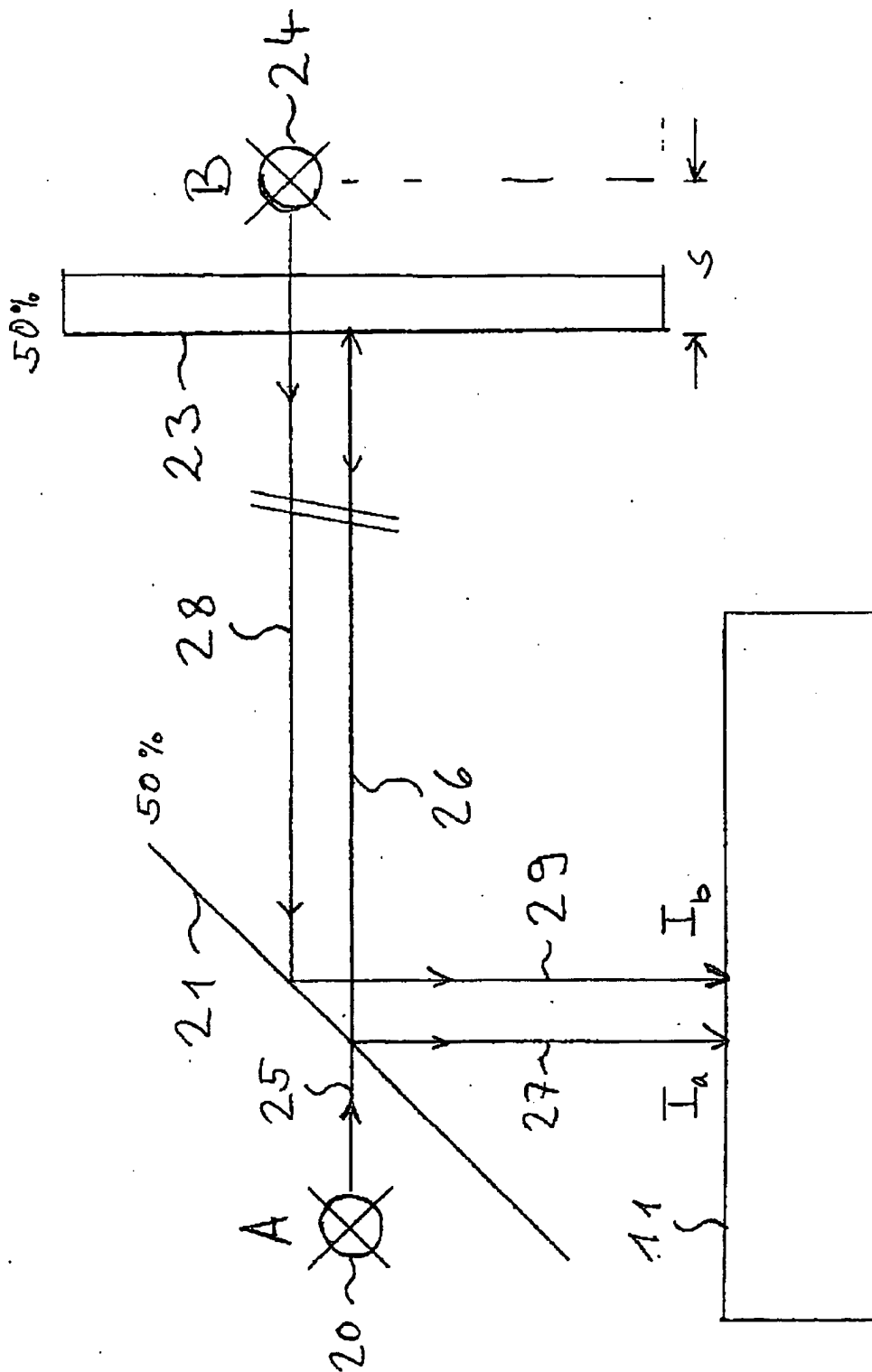
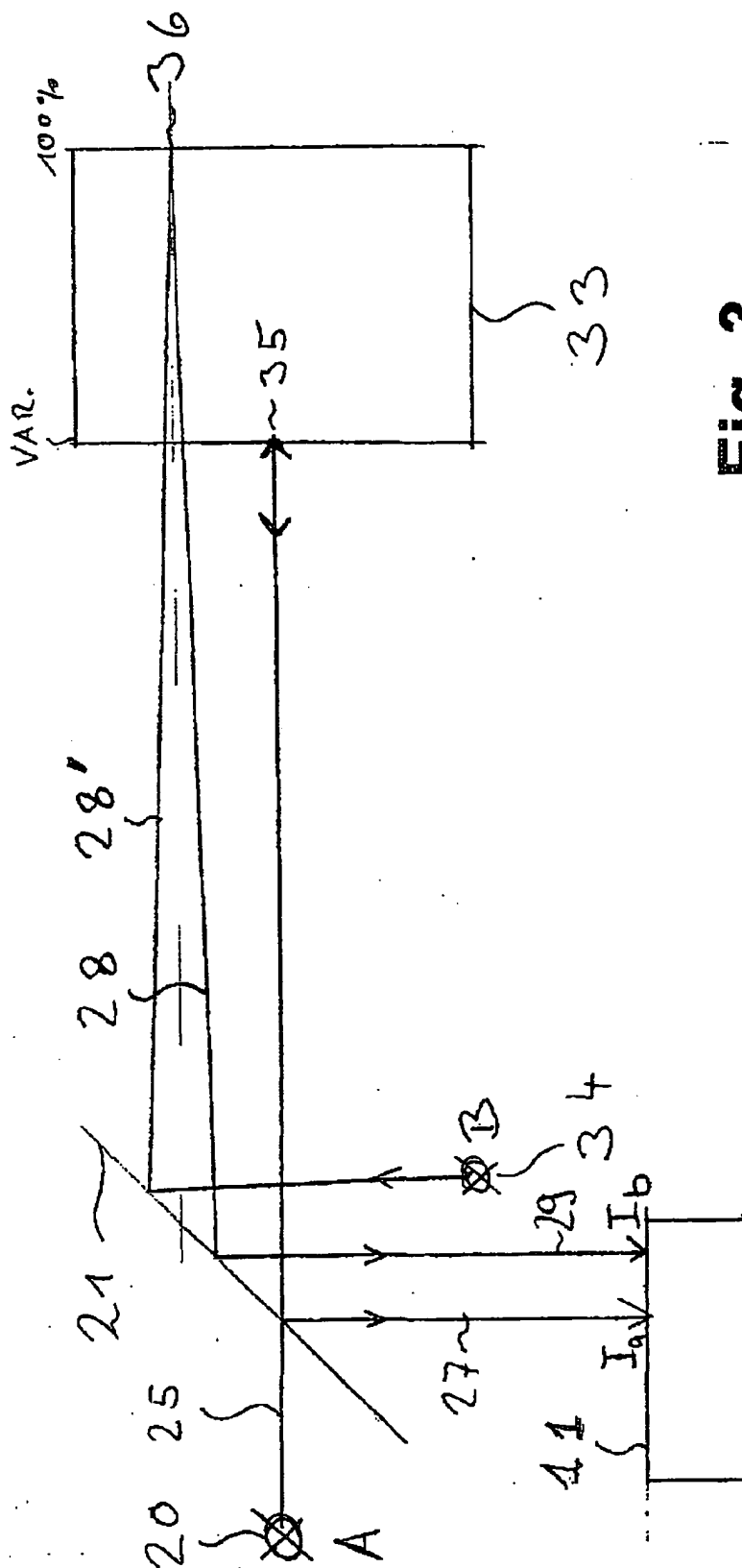
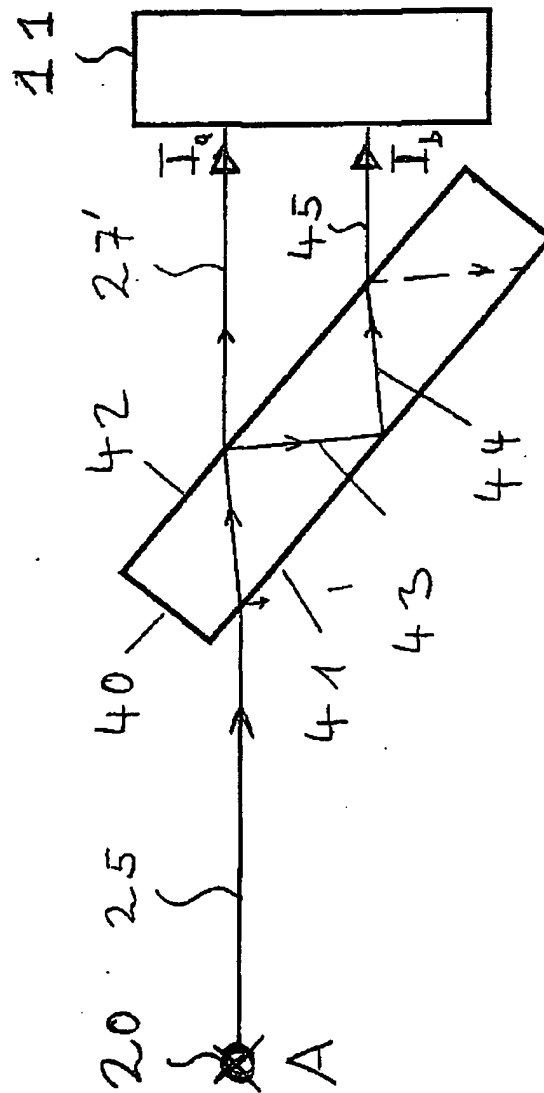


Fig. 2



3
5
11
12

Fig. 4



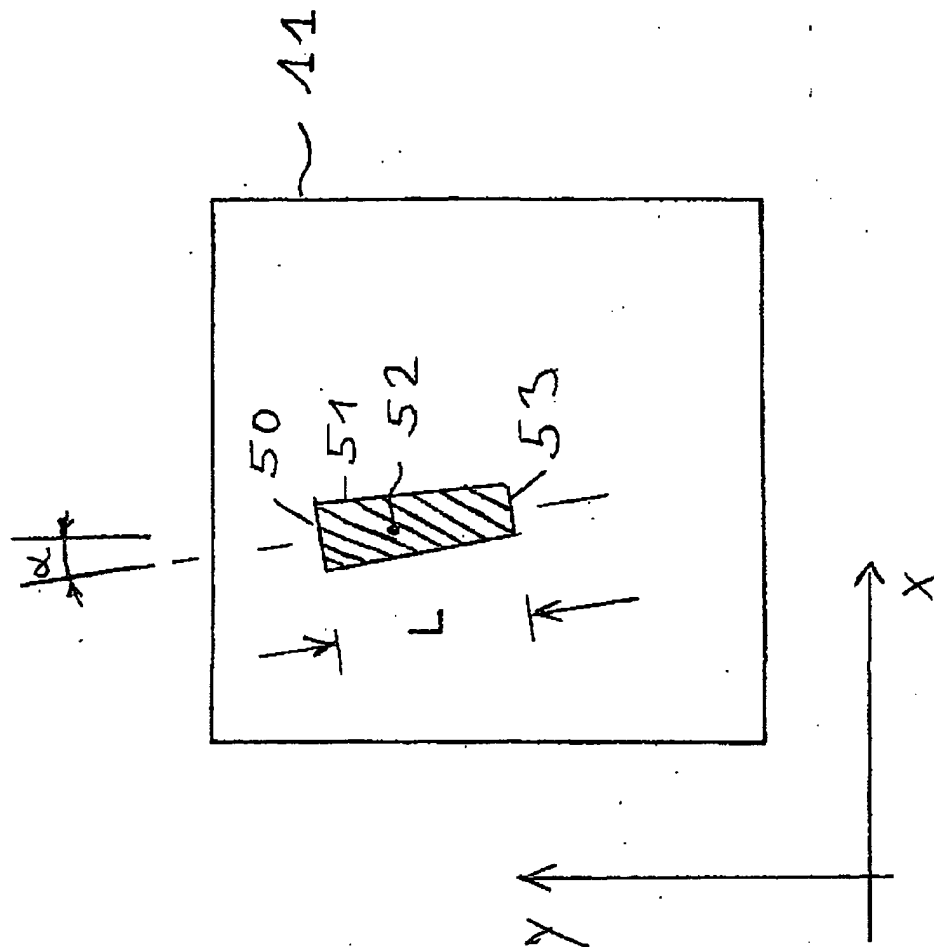


Fig. 5